

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-196941

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月31日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

F 2 3 N 5/00

F 2 3 N 5/00

G

N

F 0 2 C 7/266

F 0 2 C 7/266

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-351182

(22) 出願日 平成8年(1996)12月27日

(71) 出願人 000000099

石川島播磨重工業株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72) 発明者 米澤 克夫

東京都田無市向台町3丁目5番1号 石川

島播磨重工業株式会社田無工場内

(72) 発明者 小林 英夫

東京都田無市向台町3丁目5番1号 石川

島播磨重工業株式会社田無工場内

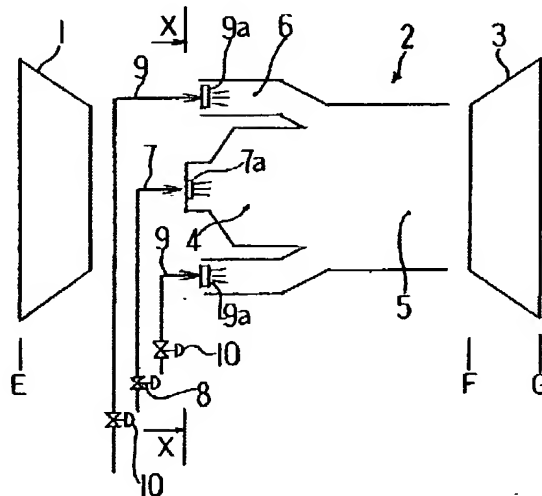
(74) 代理人 弁理士 堀田 実 (外1名)

(54) 【発明の名称】 ガスタービンの着火検出方法

(57) 【要約】

【課題】 燃料供給系統を複数系統に分け、負荷に応じて供給する系統を増加してゆく際、増加した系統により供給された燃料の着火を検出する。

【解決手段】 複数の燃料供給弁10を所定の順序で操作して燃料を燃焼室5へ供給し、着火して燃焼させるガスタービンの着火検出方法において、正常な着火が行われる場合のタービン3出口の燃焼ガス温度とタービン3入口の燃焼ガス温度との関係を表す第1手段と、正常な着火が行われる場合の燃料流量とタービン入口の燃焼ガス温度との関係を表す第2手段と、を備え、測定したタービン3出口の燃焼ガス温度から第1手段で求めたタービン3入口の燃焼ガス温度を第1燃焼ガス温度とし、供給した燃料流量から第2手段で求めたタービン入口の燃焼ガス温度を第2燃焼ガス温度とし、第2燃焼ガス温度が第1燃焼ガス温度より高いとき着火不良と判断する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の燃料供給弁を所定の順序で操作して燃料を燃焼室へ供給し、着火して燃焼させるガスタービンの着火検出方法において、

着火が正常に行われた場合の燃料流量とタービン入口の燃焼ガス温度との関係を調べておき、この関係より得られる供給した燃料流量に対するタービン入口の正常な燃焼ガス温度とタービン入口の測定した燃焼ガス温度とを比較し、測定した燃焼ガス温度の方が低い場合、着火不良と判断するガスタービンの着火検出方法。

【請求項2】 複数の燃料供給弁を所定の順序で操作して燃料を燃焼室へ供給し、着火して燃焼させるガスタービンの着火検出方法において、

着火が正常に行われた場合の燃料流量とタービン出口の燃焼ガス温度との関係を調べておき、この関係より得られる供給した燃料流量に対するタービン出口の正常な燃焼ガス温度とタービン出口の測定した燃焼ガス温度とを比較し、測定した燃焼ガス温度の方が低い場合、着火不良と判断するガスタービンの着火検出方法。

【請求項3】 複数の燃料供給弁を所定の順序で操作して燃料を燃焼室へ供給し、着火して燃焼させるガスタービンの着火検出方法において、

正常な着火が行われる場合のタービン出口の燃焼ガス温度とタービン入口の燃焼ガス温度との関係を表す第1手段と、正常な着火が行われる場合の燃料流量とタービン入口の燃焼ガス温度との関係を表す第2手段と、を備え、測定したタービン出口の燃焼ガス温度から第1手段で求めたタービン入口の燃焼ガス温度を第1燃焼ガス温度とし、供給した燃料流量から第2手段で求めたタービン入口の燃焼ガス温度を第2燃焼ガス温度とし、第2燃焼ガス温度が第1燃焼ガス温度より高いとき着火不良と判断するガスタービンの着火検出方法。

【請求項4】 前記第1手段は、ガスタービンの圧縮機の入口空気温度をパラメータとしてタービン出口の燃焼ガス温度に対するタービン入口の燃焼ガス温度を表すことを特徴とする請求項3記載のガスタービンの着火検出方法。

【請求項5】 前記第2手段は、ガスタービンの圧縮機の入口空気温度をパラメータとして燃料流量に対するタービン入口の燃焼ガス温度を表すことを特徴とする請求項3記載のガスタービンの着火検出方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、複数の燃料供給弁を順次開閉して燃料を供給し燃焼させることにより、低NO<sub>x</sub>燃焼を行うガスタービンの着火検出方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 ガスタービンにおけるNO<sub>x</sub>発生の要因として燃焼ガスの局所的高温化が挙げられる。燃焼ガス

の流れの一部で当量比が1に近い部分が発生すると、この部分では燃焼ガスが断熱火炎温度に近い高温となり、NO<sub>x</sub>が発生する。このNO<sub>x</sub>の低減方法としては、空気を燃焼に必要な量以上に供給する希薄燃焼方法や、供給燃料を予め空気で希薄均一化して燃焼室に送り燃焼させる予混合燃焼方法が用いられている。しかし、定格負荷時に希薄予混合燃焼を行うように設定すると、部分負荷時には予混合燃料の燃焼濃度が可燃限界以下になって燃焼困難となるため、燃料供給系統を複数系統に分け、10 負荷に応じて供給する系統を増加してゆく方法が用いられている。この方法はステージングと呼ばれている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 このような燃料供給系統において、負荷の増加により燃料供給を開始した場合その供給燃料への着火（火移り）が確実に行われたかの検出方法がなかった。ステージング時に完全に吹き消えた場合は、エンジン異常でエンジンが停止されるが、一部だけ吹き消えた場合は、過剰に燃料を供給した状態でエンジンが運転されてしまい、未燃焼の燃料の後燃え等の不具合を生ずる。

【0004】 本発明は、上述の問題点を鑑みてなされたもので、燃料供給系統を複数系統に分け、負荷に応じて供給する系統を増加してゆく際、増加した系統により供給された燃料の着火を検出するガスタービンの着火検出方法を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため請求項1の発明では、複数の燃料供給弁を所定の順序で操作して燃料を燃焼室へ供給し、着火して燃焼させるガスタービンの着火検出方法において、着火が正常に行われた場合の燃料流量とタービン入口の燃焼ガス温度との関係を調べておき、この関係より得られる供給した燃料流量に対するタービン入口の正常な燃焼ガス温度とタービン入口の測定した燃焼ガス温度とを比較し、測定した燃焼ガス温度の方が低い場合、着火不良と判断する。

【0006】 燃料供給弁の一つまたは複数を操作して燃料を供給し、供給した燃料が着火すると供給している全燃料流量に応じた温度を有する燃焼ガスがタービン入口に流入する。燃料供給弁の操作により新たに供給した燃料が着火していないときは、着火しているときの温度よりタービン入口の燃焼ガスの温度は低下する。故に、この温度の低下を検出して着火不良を判断できる。

【0007】 請求項2の発明では、複数の燃料供給弁を所定の順序で操作して燃料を燃焼室へ供給し、着火して燃焼させるガスタービンの着火検出方法において、着火が正常に行われた場合の燃料流量とタービン出口の燃焼ガス温度との関係を調べておき、この関係より得られる供給した燃料流量に対するタービン出口の正常な燃焼ガス温度とタービン出口の測定した燃焼ガス温度とを比較し、測定した燃焼ガス温度の方が低い場合、着火不良と

判断する。

【0008】燃料供給弁の一つまたは複数进行操作して燃料を供給し、供給した燃料が着火すると供給している全燃料流量に応じた温度を有する燃焼ガスがタービン入口に流入しタービンを駆動してタービン出口より流出する。燃料供給弁の操作により新たに供給した燃料が着火していないときは、着火しているときの温度よりタービン出口の燃焼ガスの温度は低下する。故に、この温度の低下を検出して着火不良を判断できる。

【0009】請求項3の発明では、複数の燃料供給弁を所定の順序で操作して燃料を燃焼室へ供給し、着火して燃焼させるガスタービンの着火検出方法において、正常な着火が行われる場合のタービン出口の燃焼ガス温度とタービン入口の燃焼ガス温度との関係を表す第1手段と、正常な着火が行われる場合の燃料流量とタービン入口の燃焼ガス温度との関係を表す第2手段と、を備え、測定したタービン出口の燃焼ガス温度から第1手段で求めたタービン入口の燃焼ガス温度を第1燃焼ガス温度とし、供給した燃料流量から第2手段で求めたタービン入口の燃焼ガス温度を第2燃焼ガス温度とし、第2燃焼ガス温度が第1燃焼ガス温度より高いとき着火不良と判断する。

【0010】燃料供給弁の一つまたは複数进行操作して燃料を供給し、供給している全燃料流量とそのときのタービン出口の燃焼ガス温度を計測する。この全燃料流量を用いて第2手段よりタービン入口の燃焼ガスの温度を求めると、この温度は供給された燃料が全て着火して燃焼しているときの温度を示す。一方このときのタービン出口の燃焼ガス温度を用いて第1手段でタービン入口の燃焼ガスの温度を求めると、この温度は、供給された燃料が全て着火して燃焼しているときは第2手段で求めた燃焼ガスの温度と同一の温度を示すが、着火せず未燃焼の燃料があるとタービン出口の燃焼ガスの温度は低下するので、第2手段で求めた燃焼ガスの温度より低い温度となる。これにより、第2燃焼ガス温度が第1燃焼ガス温度より高いとき着火不良と判断することができる。

【0011】請求項4の発明では、前記第1手段は、ガスタービンの圧縮機の入口空気温度をパラメータとしてタービン出口の燃焼ガス温度に対するタービン入口の燃焼ガス温度を表す。

【0012】ガスタービンで発電機を駆動する場合、発電する電気の周波数を一定に保ため回転数を一定に保持して運転する。一定回転数で圧縮機を回転しているとき、入口の空気温度により空気密度が変わり、これにより圧縮比が変わり、燃焼室に供給される空気の流量が変わる。このため燃焼室に供給された全燃料流量が同じでもタービン入口の燃焼ガスの温度は、圧縮機入口の空気温度により変わる。故に、圧縮機の入口空気温度をパラメータとしてタービン出口の燃焼ガス温度に対するタービン入口の燃焼ガス温度を表す。

【0013】請求項5の発明では、前記第2手段は、ガスタービンの圧縮機の入口空気温度をパラメータとして燃料流量に対するタービン入口の燃焼ガス温度を表す。

【0014】ガスタービンで発電機を駆動する場合、発電する電気の周波数を一定に保ため回転数を一定に保持して運転する。一定回転数で圧縮機を回転しているとき、入口の空気温度により空気密度が変わり、これにより圧縮比が変わり、燃焼室に供給される空気の流量が変わる。これにより燃焼室に供給された全燃料流量が同じでもタービン入口の燃焼ガスの温度は、圧縮機入口の空気温度により変わる。このため、圧縮機の入口空気温度をパラメータとして全燃料流量に対するタービン入口の燃焼ガス温度を表す。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図1は本発明を実施するガスタービンの構成図であり、図2は図1のX-X断面図である。本ガスタービンは発電用として用いられ、発電機を一定回転数で駆動する。ガスタービンは地上に固定されているものとするが、航空用としてもよい。本ガスタービンは低NO<sub>x</sub>燃焼器を備えている。燃料としては液体、気体のいずれでもよい。

【0016】ガスタービンは空気を圧縮する圧縮機1と、圧縮した空気に燃料を吐出して燃焼し燃焼ガスを発生する燃焼器2と、この燃焼ガスにより回転し圧縮機1を回転すると共に不図示の発電機を回転するタービン3より構成される。Eは圧縮機1の入口、Fはタービン入口、Gはタービン出口を示す。

【0017】燃焼器2は、中心前部に形成されたパイロット燃焼室4と、これに続くメイン燃焼室5と、パイロット燃焼室4の周囲に円筒状に形成されメイン燃焼室5に連続する予混合室6から構成されている。パイロット燃焼室4にはパイロット燃料系7からパイロット燃料供給弁8を介して燃料が供給され、入口に設けられたパイロット燃料吐出口7aより燃料を吐出し、不図示の着火器により着火されて燃焼する。予混合室6には複数（本実施の形態では6本）のメイン燃料系9からメイン燃料供給弁10を介して燃料が供給され、入口に設けられたメイン燃料吐出口9aにより燃料を吐出し、空気と予混合した後メイン燃焼室5へ流入し、パイロット燃焼室4の燃焼炎により着火して燃焼する。本発明はメイン燃料吐出口9aより吐出した燃料が着火しない場合を検出する。

【0018】図3はタービン出力と燃焼器2に供給される燃料流量を示す図である。図の上部のa, b, cは各燃料吐出口7a, 9aが燃料を吐出している状態を示し、斜線で示す燃料吐出口7a, 9aが燃料を吐出していることを示す。直線Hは供給される全燃料流量を示し、直線Iはパイロット燃料系7から吐出している燃料流量を示す。直線Jはメイン燃料系9の1本当たりの吐

出燃料流量を示し、タービン出力に応じて増加してゆくが、Kの領域で2本から4本に増加するので半分の流量になり、さらにLの領域で4本から6本になるので2/3の流量になり増加してゆく。このようにメイン燃料系9で本数切り替え時流量を段階的に切り替えて、全燃料流量Hを連続的に供給する。

【0019】図4は燃料が正常に着火して燃焼している場合の燃焼ガスのタービン出口温度とタービン入口温度とを圧縮機入口の空気温度をパラメータとして表したもので、請求項3の第1手段に該当する。曲線A～Dは直線に近い曲線であり、図1のEの位置における空気の温度をパラメータとし、Aは0℃、Bは15℃、Cは40℃、Dは60℃の場合を示す。タービン入口は図1のFの位置、タービン出口はGの位置である。

【0020】図5は燃料が正常に着火して燃焼している場合の供給された燃料流量と燃焼ガスのタービン入口温度とを圧縮機入口の空気温度をパラメータとして表したもので、請求項3の第2手段に該当する。曲線A～Dは直線に近い曲線であり、図1のEの位置における空気の温度をパラメータとし、Aは0℃、Bは15℃、Cは40℃、Dは60℃の場合を示す。タービン入口は図1のFの位置である。

【0021】次に着火検出方法を図3～図5を用いて説明する。一例として図3の領域Kでbに示すように、メイン燃料系9が2本より4本に増加して燃料を供給開始したときの、増加した2本より供給される燃料が着火されたかを検出する。計測値として圧縮機1入口の空気温度と、燃料流量Wfm、およびタービン出口の燃焼ガス温度Tomを用いる。圧縮機1の入口温度は40℃とし、図4、図5の直線Cを用いる。図4によりタービン出口の燃焼ガス温度Tomから直線Cを用いてタービン入口の燃焼ガス温度Tic1を得る。また、図5により燃料流量Wfmから直線Cを用いてタービン入口の燃焼ガス温度Tic2を得る。Tic2の方がTic1より $\alpha$ ℃高い場合、着火失敗と判定する。 $\alpha$ ℃は計測誤差を考慮して決められ、例えば50℃が用いられる。

【0022】図5より得られるTic2は、現在の全燃料流量Wfmが全て着火して正常に燃焼している場合のタービン入口の燃焼ガス温度を表す。図4より得られるTic1は、タービン出口の現在の燃焼ガスの温度に対して供給された燃料が全て着火して正常に燃焼している場合のタービン入口の燃焼ガス温度を表す。供給した燃料の一部に着火しない未燃焼の燃料が含まれると、タービン出口の燃焼ガスの温度はTom低下する。この低下した燃焼ガス温度を正常に燃料が燃焼して生じたタービン出口の燃焼ガスの温度としTic1は求められている。低下したTomにより求めたTic1は供給された燃料が正常に燃焼した場合に比べ低下する。故に、Tic2とTic1を比較してTic2のほうが高ければ、供給された燃料またはその一部に未燃焼の燃料があると判断できる。なお、こ

の場合、計測誤差による $\alpha$ ℃を考慮し、 $\alpha$ ℃の範囲内ならTic2はTic1と等しいとする。

【0023】図6は燃料流量とこの流量の燃料が全て着火して正常に燃焼しているときのタービン入口の燃焼ガス温度を示す。本図は図4と図5とからタービン入口の燃焼ガス温度を除去して得られたものである。本図を用いた着火検出方法の一例を示すと、圧縮機1の入口の空気温度を40℃とすると、計測した燃料流量Wfmからこの燃料が全て燃焼しているときのタービン出口温度Toc3を求め、このToc3と計測したタービン出口温度Tomを比較しToc3のほうがTomより大きければ、供給された燃料またはその一部に未燃焼の燃料があると判断できる。Tic3は供給された燃料が全て燃焼しているときのタービン出口の燃焼ガスの温度であり、Tomは未燃焼の燃料があれば低い値となるので、着火不良を検出することができる。なお、この場合も計測誤差による $\alpha$ ℃を考慮し、 $\alpha$ ℃の範囲内ならTic3はTomと等しいとする。

【0024】なお、図5を用いて燃料流量Wfmから求めたタービン入口の燃焼ガス温度Tic2とタービン入口の燃焼ガスの計測温度Timとを比較しTic2の方が大きければ、着火不良と判断することができる。しかし、タービン入口の燃焼ガス温度は高温（例えば1200℃）であるため計測が困難であることが多い。このため図4～図6で示すような間接的な方法が用いられる。なお、図4、図5を作成するためにはタービン入口の燃焼ガスの温度測定が必要になるが、これらの測定は計測装置の整った所、例えば、ガスタービンの製作工場などで行う。

【0025】以上の説明は地上に設けられたガスタービンについて説明したが、航空用のガスタービンについても適用できる。航空用では、高度より圧縮機1の入口の空気の密度が変わるので、図4～図6の場合の空気温度に加えて、空気圧力もパラメータとして追加する。

【0026】

【発明の効果】以上の説明より明らかなように、本発明は、燃料供給系統を複数系統に分け、負荷に応じて供給する系統を増加してゆく際、増加した系統により供給された燃料の着火の有無を、着火が行われた場合と着火しない場合のタービン入口の燃焼ガスの温度を比較することにより的確に検出することができる。また、同様な比較をタービン出口の燃焼ガスの温度を比較して、着火の有無を検出することができる。これにより、ステージング時に完全に吹き消えた場合は、エンジン異常でエンジンが停止されるが、一部だけ吹き消えた場合は、過剰に燃料を供給した状態でエンジンが運転されてしまい、未燃焼の燃料の後燃え等の不具合を防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を実施するガスタービンの構成例を示す図である。

【図2】図1のX-X断面図である。

【図3】タービン出力と燃料流量との関係を示す図であ

る。

【図4】タービン出口の燃焼ガス温度とタービン入口の燃焼ガス温度との関係を示す図である。

【図5】燃料流量とタービン入口の燃焼ガス温度との関係を示す図である。

【図6】燃料流量とタービン出口の燃焼ガス温度との関係を示す図である。

【符号の説明】

1 圧縮機

2 燃焼器

3 タービン

4 パイロット燃焼室

5 メイン燃焼室

6 予混合室

7 パイロット燃料系

7a パイロット燃料吐出口

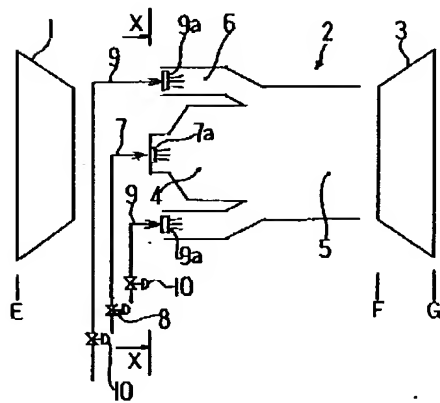
8 パイロット燃料供給弁

9 メイン燃料系

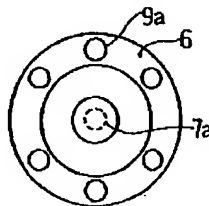
9a メイン燃料吐出口

10 10 メイン燃料供給弁

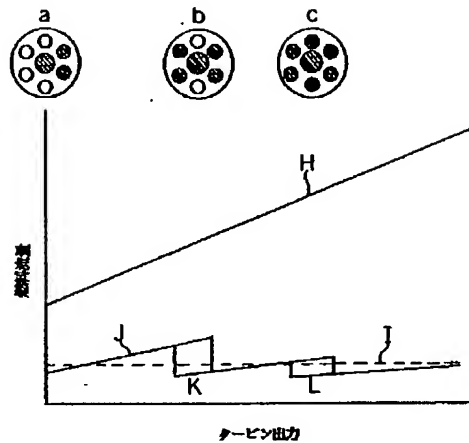
【図1】



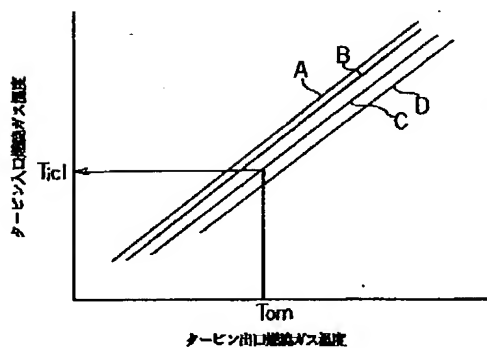
【図2】



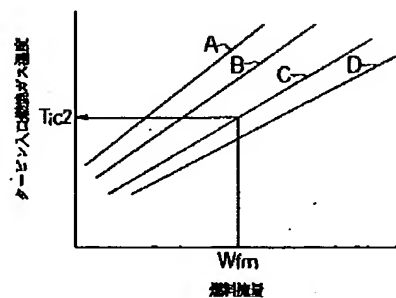
【図3】



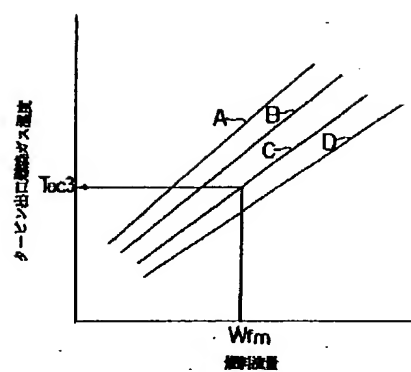
【図4】



【図5】



【図6】



DERWENT- 1998-470515

ACC-NO:

DERWENT- 199841

WEEK:

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Firing detection method e.g. for gas turbines - involves judging misfiring based on comparison result of combustion temperature at inlet port with predetermined established value corresponding to normal firing

PATENT-ASSIGNEE: ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND[ISHI]

PRIORITY-DATA: 1996JP-0351182 (December 27, 1996)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 10196941	A July 31, 1998	N/A	006	F23N 005/00

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP 10196941A	N/A	1996JP-0351182	December 27, 1996

INT-CL (IPC): F02C007/266, F23N005/00

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 10196941A

BASIC-ABSTRACT:

The method is applicable to a gas turbine (3) having an inlet and an exhaust port. A combustion chamber (2) comprising of a main combustion chamber (5), a pilot combustion chamber (4) and a number of premixed chambers (6) supplies combustion gas to the turbine. A pilot fuel supply valve (8) and number of main fuel supply valves (10) supplies fuel to the combustion chamber in a predetermined order.

The relationship between fuel flow and combustion temperature of the turbine inlet port for a normal firing is established beforehand. When the temperature of combustion of the inlet port is found lower than the established value, a misfire is judged.

ADVANTAGE - Prevents partial combustion. Stops engine during abnormal conditions.

CHOSEN- Dwg.1/6

DRAWING:

TITLE- FIRE DETECT METHOD GAS TURBINE JUDGEMENT MISFIRE BASED COMPARE  
TERMS: RESULT COMBUST TEMPERATURE INLET PORT PREDETERMINED ESTABLISH VALUE